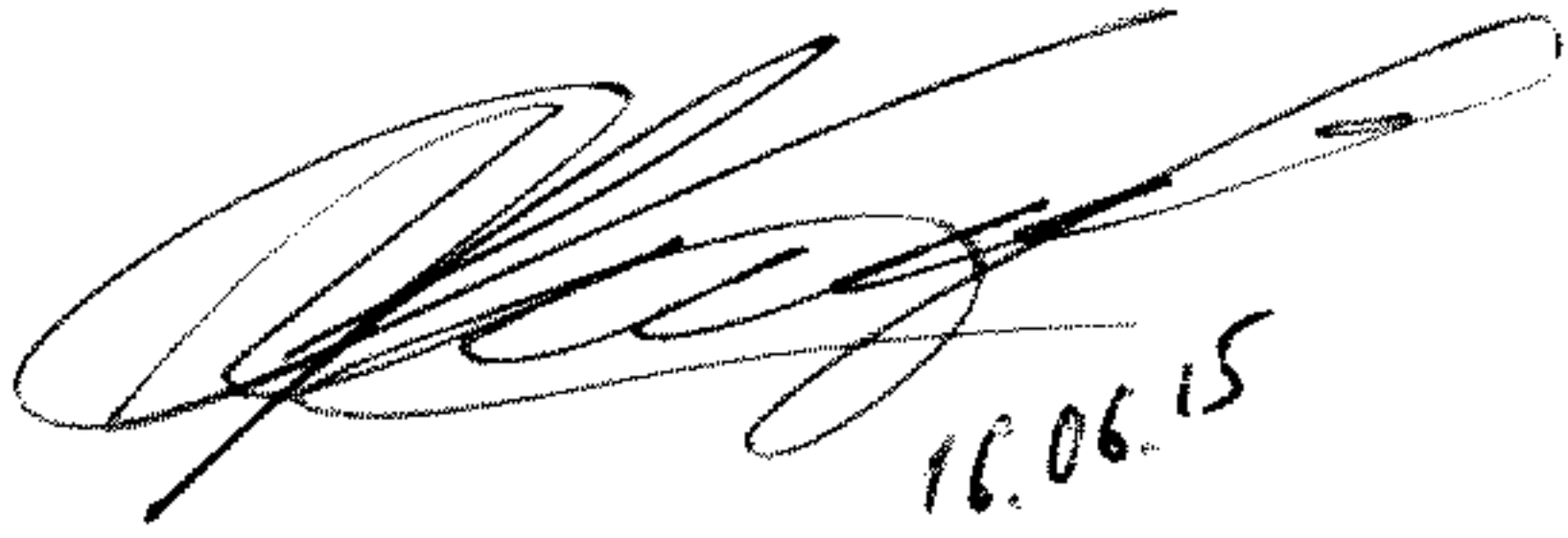





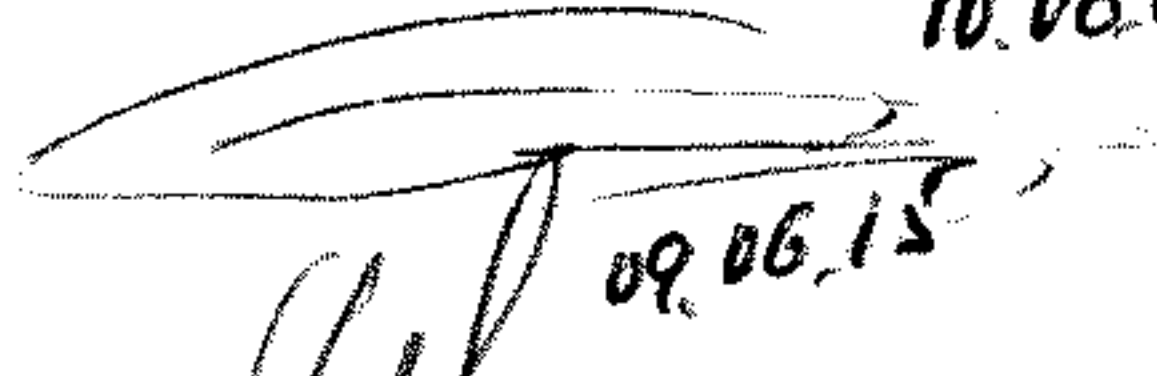
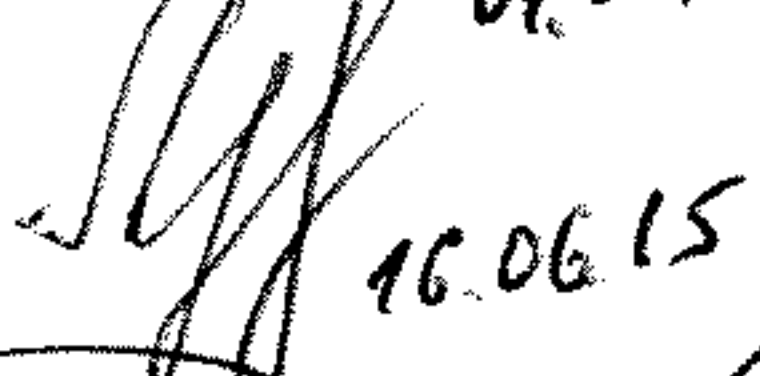


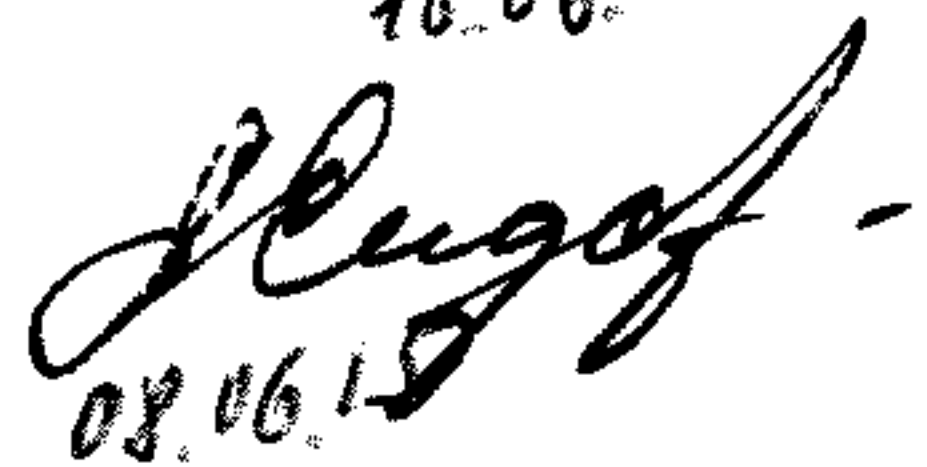
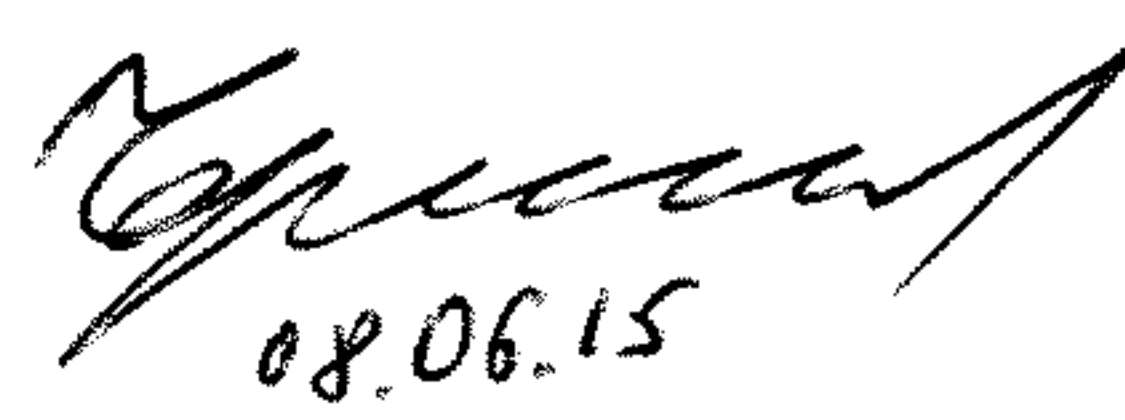



ОКБ «ГИДРОПРЕСС»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 5 Первый контур и связанные с ним системы	Изм. 15.06.15	5.4.8-1
---------------------	--	------------------	---------

5.4.8 КОМПЕНСАТОР ДАВЛЕНИЯ

Дата		06.2015
Главный конструктор, начальник отделения		В.С. Степанов
Заместитель генерального конструктора, начальник отделения		И.Г. Щекин
Заместитель генерального конструктора, начальник отделения		С.И. Сероштан
Главный конструктор, начальник департамента		Д.Н. Ермаков
Заместитель начальника отделения, начальник отдела		Л.А. Лякишев
Начальник отдела		А.М. Рогов
Начальник отдела		В.М. Комолов
Начальник отдела		Г.Д. Лунев
Начальник группы		С.А. Киселев
Ведущий конструктор		А.А. Пантюхин
Проверил		А.Е. Сидоровский
Разработал		Е.Г. Черногоров
Нормоконтроль		А.Г. Ткаченко
Всего листов		21

СОДЕРЖАНИЕ

Список сокращений	5.4.8-3
5.4.8.1 Проектные основы	5.4.8-4

491-Пр-1656

LN2O.P.132.1.050408.&&&&.021.HD.1001_&_F=0

LN2O.P.132.1.050408.&&&&.021.HD.1001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	316
--------------------------------------	--	-----

478007 Def 22 ЮН 2015

ОКБ «ГИДРОПРЕСС»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 5 Первый контур и связанные с ним системы	Изм. 15.06.15	5.4.8-2
---------------------	--	------------------	---------

5.4.8.2 Проект системы	5.4.8-5
5.4.8.3 Описание конструкции	5.4.8-6
5.4.8.4 Управление и контроль	5.4.8-11
5.4.8.5 Испытания и проверки	5.4.8-16
5.4.8.6 Анализ проекта	5.4.8-17
5.4.8.7 Выводы	5.4.8-18
Список литературы	5.4.8-19
Лист регистрации изменений	5.4.8-21

478007 Def 22 ИЮН 2015

491-Пр-1656

LN2O.P.132.1.050408.&&&&.021.HD.1001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	317
--------------------------------------	--	-----

ОКБ «ГИДРОПРЕСС»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 5 Первый контур и связанные с ним системы	Изм. 15.06.15	5.4.8-3
---------------------	--	------------------	---------

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- АЭС - атомная электрическая станция
- ВВЭР - водо-водяной энергетический реактор
- ВКУ - внутрикорпусные устройства
- ГЦНА - главный циркуляционный насосный агрегат
- ГЦТ - главный циркуляционный трубопровод
- ИПУ - импульсно - предохранительное устройство
- КД - компенсатор давления
- МКУ - минимально контролируемый уровень
- МРЗ - максимальное расчетное землетрясение
- ННЭ - нарушение нормальной эксплуатации
- НЭ - нормальная эксплуатация
- ПА - проектная авария
- ПЗ - проектное землетрясение
- РУ - реакторная установка
- ТЭН - трубчатый электронагреватель

478007 Def 22 ИЮН 2015

491-Пр-1656

LN2O.P.132.1.050408.&&&&.021.HD.1001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	318
--------------------------------------	--	-----

ОКБ «ГИДРОПРЕСС»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 5 Первый контур и связанные с ним системы	Изм. 15.06.15	5.4.8-4
---------------------	--	------------------	---------

5.4.8.1 Проектные основы

5.4.8.1.1 Компенсатор давления /1/ является составной частью первого контура РУ с реактором ВВЭР.

КД предназначен для создания давления в первом контуре, поддержания давления в заданных пределах при стационарных режимах и ограничения отклонений давления в переходных и аварийных режимах реакторной установки за счет подогрева и испарения теплоносителя при работе встроенных трубчатых электронагревателей (блоков ТЭН) или конденсации пара над уровнем теплоносителя при впрыске теплоносителя из напорного участка «холодной» нитки петли №3 первого контура, а также поддержания давления в первом контуре (в режимах разогрева и расхолаживания) азотом от системы газовых сдувок.

5.4.8.1.2 В состав КД входят:

- корпус;
- внутрикорпусные устройства;
- сосуды уравнивательные (для контроля уровня теплоносителя в КД).

КД в сборе /2/ оснащен блоками ТЭН /3/, элементами крепления /4/, ошиновкой /5/ и тепловой изоляцией /6/.

5.4.8.1.3 КД рассчитан на эксплуатацию в составе системы компенсации давления /7/ РУ в режимах НЭ, ННЭ и при проектных авариях, указанных в разделе 1.6.

5.4.8.1.4 КД в соответствии с /8/ по влиянию на безопасность является элементом системы компенсации давления важным для безопасности, а по назначению – элементом нормальной эксплуатации.

Корпус КД имеет классификационное обозначение 1Н в соответствии с /8/ и относится к группе А в соответствии с /9/.

Сосуды уравнивательные КД имеют классификационное обозначение 2НУ в соответствии с /8/ и относятся к группе В в соответствии с /9/.

ВКУ КД имеют классификационное обозначение 2Н в соответствии с /8/.

КД (с уравнивательными сосудами и ВКУ) относится к оборудованию 1 категории сейсмостойкости в соответствии с /10/.

Блоки ТЭН имеют классификационное обозначение 2Н в соответствии с /8/, относятся к группе В в соответствии с /9/ и к I категории сейсмостойкости в соответствии с /10/.

Элементы крепления КД имеют классификационное обозначение 2Н в соответствии с /8/ и относятся к I категории сейсмостойкости в соответствии с /10/.

5.4.8.1.5 КД спроектирован в соответствии с нормативными документами /8-15/.

5.4.8.1.6 В основу проекта КД положено выполнение следующих требований:

- не допускать повышения давления над активной зоной до уставок срабатывания ИПУ КД в режимах НЭ и ННЭ при их проектном протекании;
- исключать снижение уровня в КД с оголением ТЭН КД в режимах НЭ и ННЭ при их проектном протекании;
- не допускать повышения уровня воды в КД, при котором значительно снижается эффективность впрыска в паровой объем КД, в режимах НЭ и ННЭ при их проектном протекании;
- не допускать заброса парогазовой смеси в ГЦТ из КД ни в одном из проектных режимов, за исключением режимов аварийного разуплотнения первого контура с возможным опорожнением КД;

491-Пр-1656

LN2O.P.132.1.050408.&&&&.021.HD.1001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	319
--------------------------------------	--	-----

478007 Def 22 ЮНН 2015

ОКБ «ГИДРОПРЕСС»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 5 Первый контур и связанные с ним системы	Изм. 15.06.15	5.4.8-5
---------------------	--	------------------	---------

- не допускать повышение уровня воды в КД при проектном протекании режимов (за исключением течи из паровой части КД) до пределов, при которых происходит выброс воды через ИПУ;

- обеспечивать прогрев объема под ТЭН КД, трубопроводов впрыска и соединительного трубопровода за счет постоянной протечки теплоносителя в КД через подсистему впрыска.

5.4.8.1.7 Сочетание тепловых потерь из КД, расхода постоянных протечек и мощности блоков ТЭН должно обеспечивать поддержание давления в КД на номинальном уровне.

5.4.8.1.8 Срок службы КД - 60 лет.

Сочетания нагрузок, проектные переходные режимы и пределы напряжений рассмотрены в разделе 3.13.

5.4.8.1.9 КД размещен внутри защитной оболочки, сохраняет свою работоспособность в условиях окружающей среды под оболочкой при условиях нормальной эксплуатации, нарушении отвода тепла из-под оболочки и при «малой» течи теплоносителя.

После аварийного режима «большой» течи и ложного впрыска с температурой 20 °С проводится ревизия КД и определяется возможность его дальнейшей эксплуатации.

Таблица параметров окружающей среды в защитной оболочке при авариях с «малыми» и «большими» течами первого контура представлена в разделе 3.13.

КД устойчив к воздействию дезактивирующих растворов.

5.4.8.2 Проект системы

5.4.8.2.1 КД входит в состав системы компенсации давления (JEF) и имеет связи со следующими технологическими системами:

- системой главных циркуляционных трубопроводов (JEC);
- системой подпитки-продувки первого контура (КВА);
- система подачи азота (КТВ10);
- системой газовых сдувок (КТВ10);
- системой отбора проб из оборудования реакторного отделения (КУА10-50);
- системой аварийного ввода бора (JDH);
- системой контроля протечек с разъемов первого контура;
- системой аварийного газоудаления (КТР);
- система контроля и управления;
- система электроснабжения.

Связь КД с «горячей» ниткой петли №4 первого контура осуществляется напрямую без арматуры через соединительный трубопровод 426×40 мм.

Связь КД с напорным участком «холодной» нитки петли №3 первого контура и системой подпитки-продувки первого контура осуществляется через трубопровод впрыска 219×20 мм.

Система подпитки-продувки первого контура обеспечивает впрыск теплоносителя в КД расходом до 80 м³/ч в режимах, когда впрыск от ГЦНА невозможен или неэффективен.

Связь КД с барботером осуществляется через клапаны ИПУ трубопроводом сброса 245×19 мм.

Система подачи азота обеспечивает подачу азота давлением 1,96 МПа в КД в режимах разогрева-расхолаживания.

Система газовых сдувок обеспечивает воздухо-газоудаление из КД с расходом до

491-Пр-1656

LN2O.P.132.1.050408.&&&&.021.HD.1001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	320
--------------------------------------	--	-----

478007 22 ИЮН 2015

ОКБ «ГИДРОПРЕСС»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 5 Первый контур и связанные с ним системы	Изм. 15.06.15	5.4.8-6
---------------------	--	------------------	---------

60 м³/ч при заполнении первого контура.

Система отбора проб обеспечивает подготовку проб паровой и водяной фазы из КД.

Связь КД с системой аварийного ввода бора осуществляется через трубопровод 89×8 мм. Система аварийного ввода бора обеспечивает впрыск в КД раствора борной кислоты с концентрацией 40 г/кг для обеспечения снижения давления в первом контуре в режиме течи из первого контура во второй.

Система контроля протечек обеспечивает контроль и отвод протечек от уплотнения люка-лаза и блоков ТЭН КД.

Система аварийного газоудаления обеспечивает удаление неконденсирующихся газов из КД при проектных и запроектных авариях, сопровождающихся вскипанием теплоносителя и выделением газов из теплоносителя.

Связь КД в составе системы теплоносителя первого контура с другими системами представлена в подразделе 5.1.1.

5.4.8.2.2 Границами проектирования КД в сборе являются патрубки и разъемы блоков ТЭН для подключения к ошиновке.

5.4.8.2.3 Для защиты КД (в составе первого контура) от превышения давления используются ИПУ, которые устанавливаются параллельно на трубопроводе, соединяющем КД с барботером.

Информация по ИПУ КД и по арматуре системы компенсации давления представлена в подразделах 5.4.10 и 5.4.11.

5.4.8.2.4 КД расположен внутри герметичной оболочки энергоблока и установлен на отметке +14,500 м. Расположение КД в составе РУ представлено в подразделе 5.1.4.

5.4.8.3 Описание конструкции

5.4.8.3.1 КД представляет собой расположенный вертикально цилиндрический сосуд с двумя эллиптическими днищами, работающий под давлением и установленный на цилиндрической опоре.

Эскиз конструкции компенсатора давления в сборе представлен на рисунке 5.4.8.1.

На днище верхнем КД расположены:

- патрубок впрыска теплоносителя (для подачи теплоносителя в КД из напорного участка «холодной» нитки петли №3 первого контура);
- патрубок сброса пара из КД через ИПУ в барботер;
- патрубок аварийного впрыска бора (для подачи в КД концентрированного раствора борной кислоты из системы аварийного ввода бора);
- люк-лаз (для обеспечения возможности проведения работ внутри корпуса КД);
- бобышка с чехлом, в который устанавливается термопреобразователь сопротивления (для измерения температуры наружной поверхности стенки корпуса КД);
- два уравнильных сосуда на стойках.

На горловине люка-лаза КД расположены:

- штуцер-«воздушник» под трубопровод сброса парогазовой смеси в барботер, подвода азота и сброса среды в систему газовых сдувок;
- два штуцера для подсоединения к уравнильным сосудам;
- штуцер контроля плотности люка-лаза (для отвода протечек из контрольной полости, расположенной между прокладками уплотнения люка-лаза и крышкой, в систему контроля герметичности уплотнения).

491-Пр-1656

LN2O.P.132.1.050408.&&&&.021.HD.1001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	321
--------------------------------------	--	-----

478007 Ref 22 ИЮН 2015

ОКБ «ГИДРОПРЕСС»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 5 Первый контур и связанные с ним системы	Изм. 15.06.15	5.4.8-7
---------------------	--	------------------	---------

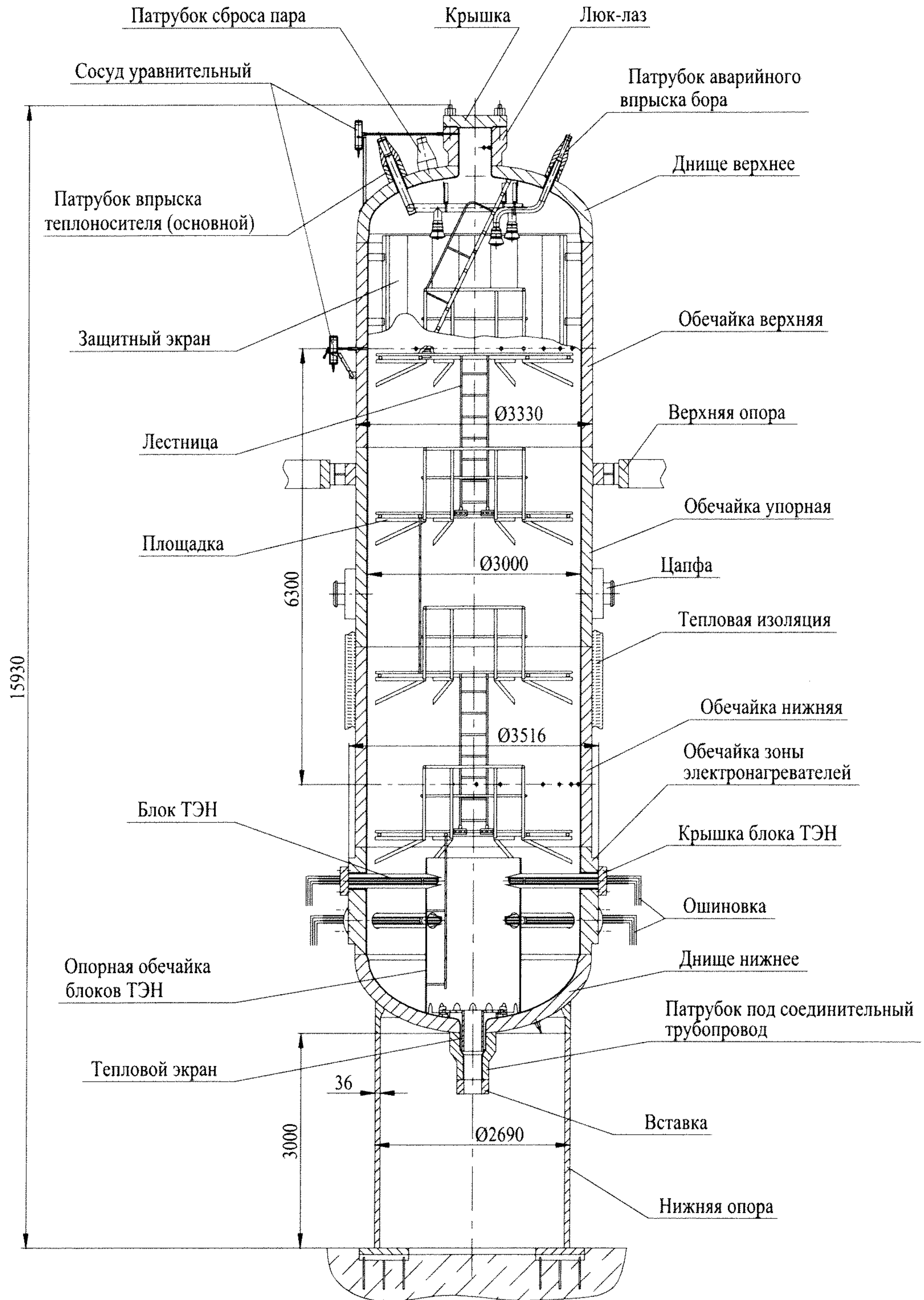


Рисунок 5.4.8.1 – Эскиз компенсатора давления в сборе

491-Пр-1656

LN2O.P.132.1.050408.&&&&.021.HD.1001

Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)

322

478007
22 ИЮН 2015

ОКБ «ГИДРОПРЕСС»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 5 Первый контур и связанные с ним системы	Изм. 15.06.15	5.4.8-8
---------------------	---	------------------	---------

Для уплотнения крышки люка-лаза применены две прокладки из расширенного графита прямоугольного сечения, которые устанавливаются в кольцевые прямоугольные проточки горловины. Между проточками горловины на крышке люка-лаза выполнен кольцевой паз для образования контрольной полости. Из контрольной полости между прокладками через сверление в горловине, а затем через штуцер контроля плотности люка-лаза организован вывод протечек в систему контроля герметичности уплотнения.

Крепление крышки люка-лаза производится 16 шпильками из стали 38ХНЗМФА и гайками М64 из стали 25Х1МФ. Для уменьшения изгибных напряжений в шпильках под гайками крышки люка-лаза установлены сдвоенные шайбы с контактными вогнуто-выпуклыми сферическими поверхностями, обеспечивающими самоустановку шпилек по направлению затягивающего усилия.

На цилиндрических обечайках КД расположены:

- шесть штуцеров для подключения к уравнильным сосудам;
- шесть уравнильных сосудов (для измерения уровня теплоносителя в КД с помощью преобразователей разности давления);
- четыре погружных чехла, в которые устанавливаются термометры сопротивления (для измерения температуры среды в КД);
- бобышка с чехлом, в который устанавливается термопреобразователь сопротивления (для измерения температуры наружной поверхности стенки корпуса КД);
- семь штуцеров для подключения к преобразователям разности давления;
- 28 блоков ТЭН, предназначенных для разогрева теплоносителя во время пуска РУ и поддержания заданного уровня температур и, соответственно, давления в первом контуре в процессе работы;
- четыре малоуглеродистые наплавки для приварки волноводов акустических датчиков;
- две накладки с грузоподъемными цапфами (для возможности кантовки КД при изготовлении, транспортировке и монтаже).

Для уплотнения крышки блока ТЭН применены две прокладки из расширенного графита прямоугольного сечения, которые устанавливаются в кольцевые прямоугольные проточки обечайки. Между проточками обечайки на крышке блока ТЭН выполнен кольцевой паз для образования контрольной полости. Из контрольной полости между прокладками через сверление в крышке, а затем через штуцер контроля плотности разъема блока ТЭН организован вывод протечек в систему контроля герметичности уплотнения.

Крепление крышки блока ТЭН производится 12 шпильками из стали 38ХНЗМФА и гайками М36 из стали 25Х1МФ.

На днище нижнем КД расположены:

- патрубок под соединительный трубопровод 426×40 мм, соединяющий КД через вставку с «горячей» ниткой петли №4 первого контура;
- штуцер для отбора проб;
- бобышка с чехлом, в который устанавливается термопреобразователь сопротивления (для измерения температуры наружной поверхности стенки корпуса КД).

Внутрикорпусные устройства состоят из следующих составных частей:

- разбрызгивающих устройств (для распыления в паровом объеме КД впрыскиваемого «холодного» теплоносителя через четыре форсунки, на каплях которых происходит кон-

491-Пр-1656

LN2O.P.132.1.050408.&&&&.021.HD.1001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	323
--------------------------------------	--	-----

478007 22 ИЮН 2015

ОКБ «ГИДРОПРЕСС»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 5 Первый контур и связанные с ним системы	Изм. 15.06.15	5.4.8-9
---------------------	--	------------------	---------

денсация пара, что приводит к снижению давления в первом контуре, и концентрированного раствора борной кислоты через одну форсунку от системы аварийного ввода бора);

- защитного экрана (для защиты корпуса КД от попадания «холодного» теплоносителя из разбрызгивающего устройства, при котором возможны термоциклические нагрузки на внутренней стенке корпуса);

- опорной обечайки блоков ТЭН (для размещения направляющих планок, по которым перемещаются ролики блоков ТЭН при их установке в КД, и для организации циркуляции теплоносителя в районе электронагревателей при их работе);

- теплового экрана патрубка подвода теплоносителя (для уменьшения перепада температур на стенках днища нижнего и патрубка подвода теплоносителя при теплосменах, вызванных теплоносителем, протекающим в патрубке);

- площадок и лестниц (для проведения осмотра внутренней поверхности корпуса, ВКУ КД и, при необходимости, ремонта).

Элементы крепления КД состоят из нижней и верхней опор, воспринимающих статические и динамические нагрузки на корпус КД.

Нижняя опора выполнена из вальцованных обечаек и состоит из двух частей. Одна часть приваривается к нижнему днищу и поставляется вместе с КД. Другая часть приваривается к закладному кольцу, закрепленному в фундаменте. После установки КД на монтаже обе части опоры соединяются сваркой.

В нижней части опоры возле закладного кольца имеются два круглых отверстия для вывода трубопроводов и осмотра днища. На наружной поверхности нижней части опоры установлены два дополнительных чехла. Дополнительные чехлы предназначены для вывода из-под нижней опоры клеммных головок термопреобразователей сопротивления, измеряющих наружную температуру стенки нижнего днища КД и температуру теплоносителя в соединительном трубопроводе на входе в КД.

Верхняя опора обеспечивает тепловые перемещения КД в вертикальном направлении, ограничивая его перемещения в горизонтальном направлении, и предназначена для восприятия горизонтальных нагрузок. Она состоит из упорного кольца, внешнего кольца, кронштейнов, швеллеров и упоров.

Ошиновка предназначена для подключения блоков ТЭН к шинам электропитания.

Тепловая изоляция, выполненная из отдельных съемных блоков, предназначена для уменьшения тепловых потерь от поверхности КД и обеспечения нормируемых значений температуры наружной поверхности.

5.4.8.3.2 Основные технические характеристики КД представлены в таблице 5.4.8.1.

Таблица 5.4.8.1 - Основные технические характеристики КД

Наименование	Значение
Давление номинальное стационарного режима (абсолютное), МПа	16,1±0,3
Давление расчетное, МПа	17,64
Температура теплоносителя в КД при номинальном стационарном режиме, °С	347,9
Температура расчетная, °С	350

491-Пр-1656

LN2O.P.132.1.050408.&&&&.021.HD.1001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	324
--------------------------------------	--	-----

478007 22 ИЮН 2015

ОКБ «ГИДРОПРЕСС»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 5 Первый контур и связанные с ним системы	Изм. 15.06.15	5.4.8-10
---------------------	--	------------------	----------

Продолжение таблицы 5.4.8.1

Наименование	Значение
Уровень теплоносителя в номинальном режиме ($H_{\text{НОМ}}$), мм	8170±150
Полный объем КД, м ³	79
Объем теплоносителя при номинальном стационарном режиме, м ³	55
Объем теплоносителя при нулевой мощности РУ (соответствующий уровню теплоносителя в КД 5,1 м), м ³	38,7
Параметры блока ТЭН: - напряжение тока, В - вид тока, - частота, Гц - мощность номинальная одного блока ТЭН, кВт - мощность суммарная блоков ТЭН, кВт Средний срок службы блока ТЭН, лет	380 переменный 50 90 2520 10
Давление гидравлических испытаний, МПа	24,5±0,39
Температура металла КД при гидравлических испытаниях, °С: - на предприятии-изготовителе после изготовления, не менее - в составе реакторной установки	85 90 - 135
Рабочая среда	пар, вода, в режимах разогрева и расхолаживания – азот
Примечание – В данной таблице указаны значения избыточного давления, за исключением давления номинального стационарного режима	

Программа работы групп ТЭН приведена в таблице 5.4.8.2.

Таблица 5.4.8.2 - Таблица срабатывания групп ТЭН при уменьшении давления в КД

Номер группы ТЭН (номинальная мощность группы)	Включение при давлении, МПа	Отключение при давлении, МПа
Первая группа ТЭН, регулирующая подгруппа (90 кВт)	Ниже 16,0	Выше 16,2
Первая группа ТЭН, рабочая подгруппа (270 кВт)	Ниже 16,0	Выше 16,3
Вторая группа ТЭН (270 кВт)	Ниже 15,9	Выше 16,1
Третья группа ТЭН (720 кВт)	Ниже 15,8	Выше 16,0
Четвертая группа ТЭН (1170 кВт)	Ниже 15,8	Выше 16,0

491-Пр-1656

LN2O.P.132.1.050408.&&&&.021.HD.1001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	325
--------------------------------------	--	-----

478007 22 ИЮН 2015

ОКБ «ГИДРОПРЕСС»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 5 Первый контур и связанные с ним системы	Изм. 15.06.15	5.4.8-11
---------------------	--	------------------	----------

Мощность блоков ТЭН обеспечивает проектную скорость разогрева КД в период пуска РУ и поддержания давления во время работы на мощности.

5.4.8.3.3 Корпус КД выполнен из легированной стали марки 10ГН2МФА. Внутренняя поверхность корпуса, контактирующая со средой первого контура, плакирована наплавкой из антикоррозионных материалов с содержанием кобальта не более 0,05 %.

Для сосудов уравнительных, штуцеров, верхних частей патрубков, чехлов погружных, вставки, колец подкладных и ниппелей применена высоколегированная коррозионно-стойкая сталь марки 08Х18Н10Т-У с содержанием кобальта не более 0,05 %.

Для трубок блоков ТЭН и внутрикорпусных устройств КД применена высоколегированная коррозионно-стойкая сталь марки 08Х18Н10Т.

Крышки блоков ТЭН и нижняя опорная обечайка элементов крепления КД выполнены из углеродистой стали марки 22К. Внутренняя поверхность крышки блоков ТЭН, контактирующая со средой первого контура, плакирована наплавкой из антикоррозионных материалов с содержанием кобальта не более 0,05 %.

5.4.8.3.4 Контроль качества основного металла проводится в соответствии с /16/, а контроль сварочных материалов – в соответствии с /17/.

Материалы /18/, из которых выполнен КД, имеют устойчивость к воздействию среды первого контура, дезактивирующих растворов и среды под герметичной оболочкой, в том числе к орошению раствором из спринклерных установок при авариях, связанных с разуплотнением первого контура. Материалы показали хорошие характеристики в действующих РУ и отвечают требованиям /9/. Сварочные материалы, используемые при изготовлении КД, выбраны в соответствии с /13/.

5.4.8.3.5 Расчет на прочность по выбору основных размеров КД /19/ выполнен в соответствии с /12/.

5.4.8.4 Управление и контроль

5.4.8.4.1 КД оснащен датчиками контроля технологических параметров для передачи информации в систему технологического контроля, автоматического регулирования, аварийной защиты, сигнализации и блокировок.

Перечень защит и блокировок по системе защиты первого контура от превышения давления представлен в подразделе 12.1.3.

5.4.8.4.2 В связи с недоступностью в период эксплуатации помещения, где расположен КД, обслуживание его сводится к наблюдению за его состоянием с помощью соответствующих контрольно-измерительных приборов.

Принципиальная схема расположения точек контроля КД представлена на рисунке 5.4.8.2.

491-Пр-1656

LN2O.P.132.1.050408.&&&&.021.HD.1001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	326
--------------------------------------	--	-----

478007 Def 22 ЮН 2015

ОКБ «ГИДРОПРЕСС»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 5 Первый контур и связанные с ним системы	Изм. 15.06.15	5.4.8-12
---------------------	--	------------------	----------

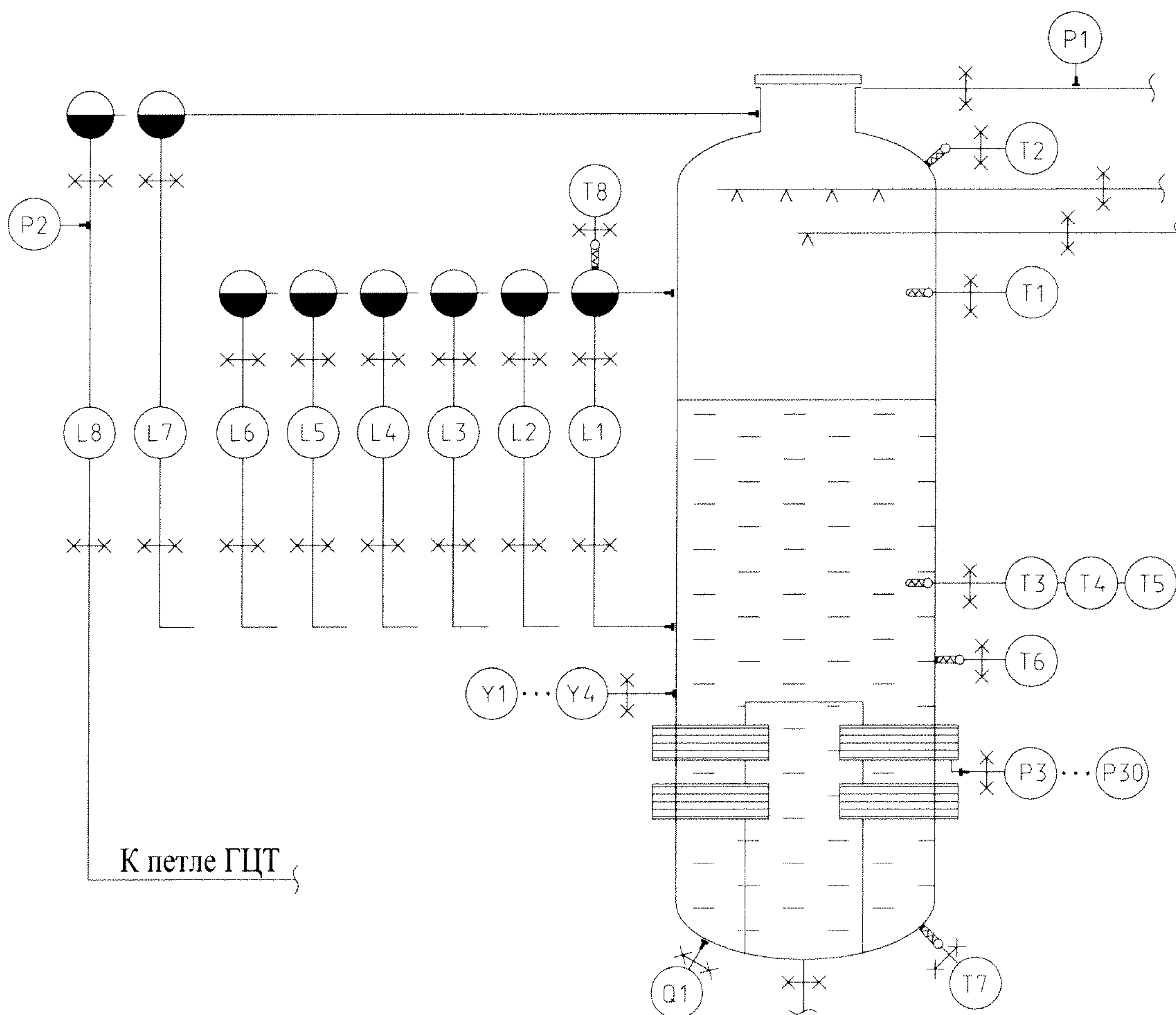


Рисунок 5.4.8.2 - Принципиальная схема расположения точек контроля КД

Данные по точкам контроля КД приведены в таблице 5.4.8.3.

Таблица 5.4.8.3 - Перечень точек контроля КД

Точка контроля по рисунку 5.4.8.2	Измеряемый параметр	Количество точек контроля	Предел измерения параметра
L1 – L6	Уровень теплоносителя в КД, м	6	3,24 - 9,54 ¹⁾
L7	Уровень теплоносителя в КД, м	1	3,24 - 12,14 ¹⁾
L8	Уровень теплоносителя в КД, м	1	минус 5,4 - 12,14 ¹⁾
P1	Давление в уплотнении люка-лаза КД (избыточное), МПа	1	0 - 25

491-Пр-1656

LN2O.P.132.1.050408.&&&&.021.HD.1001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	327
--------------------------------------	--	-----

478007 Def 22 ИЮН 2015

ОКБ «ГИДРОПРЕСС»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 5 Первый контур и связанные с ним системы	Изм. 15.06.15	5.4.8-13
---------------------	--	------------------	----------

Продолжение таблицы 5.4.8.3

Точка контроля по рисунку 5.4.8.2	Измеряемый параметр	Количество точек контроля	Предел измерения параметра
P2	Давление в КД (избыточное), МПа	1	0 - 25
P3 – P30	Давление в уплотнении разъемов бло- ков ТЭН КД (избыточное), МПа	28	0 - 25
Q1	Химический состав среды в КД	1	
T1	Температура среды в парогазовом объ- еме КД, °С	1	0 - 400
T3, T4, T5	Температура теплоносителя в КД, °С	3	0 - 400
T2, T6, T7	Температура поверхности корпуса КД, °С	3	0 - 400
T8	Температура поверхности уравнитель- ного сосуда, °С	1	0 - 400
Y1 – Y4	Акустический шум на корпусе КД, мВ	4	0 - 3,0

¹⁾ Значение уровня указано от внутренней образующей нижнего днища КД.

5.4.8.4.3 КД поддерживает рабочее давление в первом контуре совместно с системой поддержания давления в первом контуре (подраздел 5.4.9), компенсирует изменения объема теплоносителя при изменении нагрузки, разогреве и расхолаживании.

Разогрев КД и поддержание температуры среды в нем производится с помощью блоков ТЭН, расположенных в нижней части КД. Образующийся при кипении воды пар находится в верхней части КД, создавая паровую подушку требуемого давления.

При изменении нагрузки и изменении средней температуры теплоносителя первого контура в переходных режимах, связанных с нарушениями в работе оборудования, часть теплоносителя по соединительному трубопроводу перетекает из КД в «горячую» нитку петли №4 первого контура или из «горячей» нитки петли №4 первого контура в КД. При этом ограничение отклонений давления от номинального значения достигается за счет изменения объема паровой подушки в КД.

Водяной объем также участвует в процессе компенсации объема – при уменьшении водяного объема (увеличении парового объема) вода в КД интенсивно испаряется, способствуя тем самым поддержанию давления, а при увеличении водяного объема (уменьшении парового объема) происходит конденсация пара на поверхности воды, что ограничивает рост давления.

При большом росте давления через форсунки, расположенные в верхней части КД, по линии впрыска подается теплоноситель из «холодной» нитки петли №3 первого контура для конденсации пара в паровой подушке. В зависимости от переходного процесса подача «холодного» теплоносителя замедляет или прекращает рост давления в первом контуре.

491-Пр-1656

LN2O.P.132.1.050408.&&&&.021.HD.1001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	328
--------------------------------------	--	-----

478007 Def 22 ИЮН 2015

ОКБ «ГИДРОПРЕСС»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 5 Первый контур и связанные с ним системы	Изм. 15.06.15	5.4.8-14
---------------------	--	------------------	----------

В стационарном режиме в работе находится одна группа блоков ТЭН, необходимая для компенсации тепловых потерь и подогрева воды, используемой для прогрева трубопровода впрыска.

Благодаря протечкам воды по трубопроводу впрыска обеспечивается также выравнивание концентрации раствора борной кислоты в первом контуре и водяном объеме КД.

Описание системы поддержания давления в первом контуре и ее функционирование приведено в подразделе 5.4.9.

Регулирование уровня теплоносителя в КД обеспечивается регулятором уровня, получающим сигналы по уровню из КД, по средней температуре теплоносителя в первом контуре и по расходу подпитки-продувки. Регулятор уровня воздействует на насосы и арматуру системы подпитки-продувки.

Статическая зависимость заданного уровня в КД от средней температуры теплоносителя первого контура приведена в таблице 5.4.8.4.

Таблица 5.4.8.4 – Статическая зависимость заданного уровня в КД от средней температуры теплоносителя первого контура

Наименование параметра	Значение				
	292,8, менее	295,9	301,3	306,7	312,3, более
Средняя температура теплоносителя первого контура, °С					
Заданный уровень в КД, м	5,10	5,53	6,33	7,20	8,17

Поддержание давления в первом контуре обеспечивается регулятором давления, получающим сигналы по давлению над активной зоной и воздействующим на блоки ТЭН, регулирующей клапан и быстродействующие запорные задвижки на трубопроводе впрыска.

5.4.8.4.4 Впрыск теплоносителя в КД по трубопроводу от системы подпитки-продувки первого контура осуществляется в следующих случаях:

- автоматически при совпадении сигналов «давление над активной зоной более 17,0 МПа» и «отключение всех ГЦНА» в режимах с отключением всех ГЦНА по уставкам, не связанным с потерей собственных нужд электропитания АЭС, и с последующим ростом давления первого контура;

- оператором для расхолаживания КД в условиях потери собственных нужд электропитания АЭС по истечении времени, необходимого для разворота общестанционного дизель-генератора, питание от которого имеет система подпитки-продувки;

- оператором для расхолаживания КД при отключении ГЦНА на третьей и четвертой петлях (или всех ГЦНА) при наличии собственных нужд электропитания АЭС.

Впрыск концентрированного раствора борной кислоты в КД по трубопроводу от системы аварийного ввода бора осуществляется в следующих случаях:

- оператором для расхолаживания КД в условиях потери собственных нужд электропитания АЭС при невозможности использовать систему подпитки-продувки;

- при течи теплоносителя из первого контура во второй для снижения давления в первом контуре при работе алгоритма преодоления течи теплоносителя из первого контура во второй.

В проекте предусмотрена защита электрических нагревателей. По сигналу низкого

491-Пр-1656

LN2O.P.132.1.050408.&&&&.021.HD.1001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	329
--------------------------------------	--	-----

478007 Ref 22 ИЮН 2015

ОКБ «ГИДРОПРЕСС»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 5 Первый контур и связанные с ним системы	Изм. 15.06.15	5.4.8-15
---------------------	---	------------------	----------

уровня в КД отключаются все блоки ТЭН КД, и подается запрет на их включение. При восстановлении уровня запрет снимается.

Действия системы управления при изменении уровня в КД приведены в таблице 5.4.8.5.

Таблица 5.4.8.5 - Действия системы управления при изменении уровня в КД

Значение уровня, мм	Действия по всем видам управления
5100-8170	Поддержание уровня в КД при работе реактора на мощности 0 – 100 % с помощью штатного регулятора уровня. Уровень меняется в зависимости от средней температуры первого контура
10900	Поддержание уровня в режимах разогрева первого контура с помощью пускового регулятора уровня до и во время замены азотной подушки на паровую
5100	Поддержание уровня с помощью пускового регулятора после замены азотной подушки на паровую до окончания режима разогрева и выхода РУ на МКУ
10000	Поддержание уровня с помощью пускового регулятора в режиме расхолаживания первого контура
10900	Поддержание уровня с помощью пускового регулятора во время и после замены паровой подушки на азотную в режиме расхолаживания
4000, не более	Аварийный останов реактора (работа аварийной защиты)
3600, не более	Отключаются все ТЭН КД. Подается запрет на включение. Запрет снимается при снятии сигнала
8400	Отключение насосов подпитки первого контура большой производительности (при температуре теплоносителя в «горячих» нитках петель более 260 °С)
9400	Отключение насосов подпитки первого контура малой производительности. Закрывается запорный клапан на линии подпитки первого контура после регенеративного теплообменника (открывается при восстановлении номинального уровня). Закрывается запорный клапан на линии впрыска в КД от системы подпитки-продувки (при температуре теплоносителя в «горячих» нитках петель более 260 °С).
$H_{НОМ} - 200$	Включается резервный насос подпитки первого контура малой производительности. Отключается при восстановлении номинального уровня
$H_{НОМ} - 1000$	Отсечение линии продувки первого контура

491-Пр-1656

LN2O.P.132.1.050408.&&&&.021.HD.1001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	330
--------------------------------------	--	-----

478007 Def 22 ИЮН 2015

ОКБ «ГИДРОПРЕСС»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 5 Первый контур и связанные с ним системы	Изм. 15.06.15	5.4.8-16
---------------------	--	------------------	----------

Продолжение таблицы 5.4.8.5

Значение уровня, мм	Действия по всем видам управления
$H_{ном} - 800$	Включается один из насосов подпитки первого контура большой производительности. Отключается при достижении уровня в КД на 0,2 м ниже номинального. Переключение всаса насосов системы подпитки продувки с деаэратора на баки борного раствора

5.4.8.5 Испытания и проверки

5.4.8.5.1 До начала эксплуатации КД проходит следующие виды контроля:

- входной контроль материалов и полуфабрикатов, предназначенных для изготовления;
- операционный контроль качества изготовления деталей и сборочных единиц;
- приемочный контроль на предприятии-изготовителе;
- входной контроль перед началом монтажа;
- контроль качества выполнения сварных швов в процессе монтажа;
- проверка правильности монтажа.

Контроль осуществляется в соответствии с требованиями чертежей, таблиц контроля качества основного металла, таблиц контроля качества сварных соединений и наплавов и программы контроля качества.

Указанная документация разработана с учетом нормативных документов, перечисленных в пункте 5.4.8.1.5, и регламентирует применяемые стандарты, методы и объемы контроля, нормы на допустимые дефекты, на химический состав, на механические свойства материалов и другие требования, гарантирующие качественное изготовление оборудования.

Во время проведения пуско-наладочных работ проводятся:

- проверка правильности монтажа;
- гидравлическое испытание с целью проверки плотности и прочности;
- проверка динамических характеристик системы компенсации давления;
- ревизия КД - контроль металла корпуса и сварных соединений неразрушающими методами контроля.

Предусмотренный проектом контроль за состоянием оборудования в процессе эксплуатации обеспечивает своевременное обнаружение дефектов за счет:

- измерения основных параметров, по величине которых можно определить исправность КД;
- контроля плотности узлов уплотнения КД системой контроля протечек с сигнализацией появления их;
- контроля за состоянием металла при периодических ревизиях.

КД подвергается техническому освидетельствованию до пуска в эксплуатацию и периодически в процессе эксплуатации не реже одного раза в четыре года, которое включает осмотр (внутренний и внешний) и гидравлическое испытание (на прочность и плотность).

В качестве неразрушающих методов контроля при обследовании КД применяются:

- визуальный контроль;
- капиллярный и магнитопопорошковый контроль;

491-Пр-1656

LN2O.P.132.1.050408.&&&&.021.HD.1001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	331
--------------------------------------	--	-----

478007 Def 22 ИЮН 2015

ОКБ «ГИДРОПРЕСС»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 5 Первый контур и связанные с ним системы	Изм. 15.06.15	5.4.8-17
---------------------	--	------------------	----------

- ультразвуковой контроль.

5.4.8.6 Анализ проекта

5.4.8.6.1 Надежность КД обеспечивается:

- консервативностью оценок при проектном обосновании пропускной способности ИПУ КД;
- резервированием количества установленных ИПУ на трубопроводе сброса КД;
- резервированием каналов управления ИПУ КД;
- наличием активного (электромагнитный) и пассивного (пружинный) принципов работы каналов управления ИПУ КД;
- соответствием требованиям нормативной документации;
- обеспечением качества при изготовлении и монтаже.

Качество при изготовлении КД обеспечено за счет:

- качества применяемых материалов, т.е. их соответствием требованиям технических условий;
- отработанности технологических процессов изготовления деталей, сборочных узлов и соответствия их требованиям рабочих чертежей;
- отработанности технологии сборки и соответствие ее требованиям сборочного чертежа;
- контроля соответствия сварки деталей и сборочных единиц КД требованиям рабочих чертежей и программы контроля качества.

Качество при монтаже КД обеспечивается:

- качественным входным контролем;
- качественным монтажом составных частей, качеством сборочных и сварочных работ и соответствием монтажа КД требованиям рабочих и монтажных чертежей;
- качеством обеспечения чистоты внутренних поверхностей сборочных единиц КД;
- качеством сдаточных испытаний.

5.4.8.6.2 Конструкция КД обеспечивает нормальное функционирование при воздействии проектного землетрясения, а также прочность и герметичность при воздействии максимального расчетного землетрясения (до семи баллов), падении самолета и внешней ударной волне.

5.4.8.6.3 Функционирование КД и ИПУ КД в режимах нормальной эксплуатации, при отказах и при проектных авариях отражено в подразделе 12.1.3.

5.4.8.6.4 Для обоснования прочности элементов КД были выполнены в соответствии с требованиями /10, 12/ поверочные расчёты /20-26/, в которых содержится анализ прочности следующих основных элементов КД:

- патрубков на верхнем днище;
- штуцеров системы контрольно-измерительных приборов (на цилиндрической части корпуса);
- нижнего днища с патрубком и опорой;
- люка-лаза с днищем и цилиндрической обечайкой;
- зоны блоков трубчатых электронагревателей;
- элементов крепления ВКУ;
- уравнильного сосуда.

В расчетах /20-26/ учтены силовые и температурные воздействия в проектных режи-

491-Пр-1656

LN20.P.132.1.050408.&&&&.021.HD.1001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	332
--------------------------------------	--	-----

478007 Def 22 ИЮН 2015

ОКБ «ГИДРОПРЕСС»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 5 Первый контур и связанные с ним системы	Изм. 15.06.15	5.4.8-18
---------------------	--	------------------	----------

мах работы компенсатора давления, даны ссылки на соответствующие документы, в которых приведены все параметры нагрузок от внешних динамических воздействий, а также подтверждена прочность во всех режимах эксплуатации.

Анализ результатов расчета на сопротивление хрупкому разрушению КД /27/ показал, что при принятых размерах постулируемой трещины и свойствах основного материала КД в проектных условиях нагружения режимов НЭ, ННЭ и ПА условие обеспечения сопротивления хрупкому разрушению выполняется.

Циклическая и статическая прочность узлов приварки внутрикорпусных устройств КД, включая нагрузки от внешних динамических воздействий, в соответствии с /25/ обеспечивается во всех проектных режимах.

Прочность элементов нижнего и верхнего креплений КД при наиболее неблагоприятных расчетных сочетаниях нагрузок НЭ+МРЗ и НЭ+ПА+ПЗ в соответствии с /28/ обеспечена.

Из анализа результатов расчета на циклическую прочность следует, что при принятой типовой последовательности проектных режимов НЭ, ННЭ, ПА максимальное значение суммарной повреждаемости в наиболее нагруженной точке не превышает единицы ($a_{\Sigma} < 1$).

5.4.8.7 Выводы

5.4.8.7.1 КД разработан в соответствии с проектными основами. Принятые в проекте решения обеспечивают выполнение КД заданных функций в составе системы теплоносителя первого контура.

478007 Def 22 ИЮН 2015

491-Пр-1656

LN2O.P.132.1.050408.&&&&.021.HD.1001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	333
--------------------------------------	--	-----

ОКБ «ГИДРОПРЕСС»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 5 Первый контур и связанные с ним системы	Изм. 15.06.15	5.4.8-19
---------------------	--	------------------	----------

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Компенсатор давления. Чертеж общего вида. 392М.02.01.01 ВО, ОКБ «ГИДРОПРЕСС», 2007
- 2 Компенсатор давления в сборе. Чертеж общего вида. 491.02.01 ВО, ОКБ «ГИДРОПРЕСС», 2009
- 3 Блок трубчатых электронагревателей. Чертеж общего вида. 392М.02.01.04 ВО, ОКБ «ГИДРОПРЕСС», 2013
- 4 Элементы крепления компенсатора давления. Чертеж общего вида. 491.02.01.02 ВО, ОКБ «ГИДРОПРЕСС», 2009
- 5 Ошиновка. Чертеж общего вида. 491.02.01.05 ВО, ОКБ «ГИДРОПРЕСС», 2011
- 6 Изоляция тепловая компенсатора давления. Чертеж общего вида. 392М.16.04 ВО, ОКБ «ГИДРОПРЕСС», 2008
- 7 Система компенсации давления. Чертеж общего вида. 491.02 ВО, ОКБ «ГИДРОПРЕСС», 2009
- 8 Общие положения обеспечения безопасности атомных станций. ОПБ-88/97, НП-001-97 (ПНАЭ Г-01-011-97), Москва, 1997
- 9 Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. ПНАЭ Г-7-008-89, Москва, 2000
- 10 Нормы проектирования сейсмостойких атомных станций. НП-031-01, Москва, 2001
- 11 Правила ядерной безопасности реакторных установок атомных станций. НП-082-07, Москва, 2007
- 12 Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. ПНАЭ Г-7-002-86, Москва, 1989
- 13 Оборудование и трубопроводы атомных энергетических установок. Сварка и наплавка. Основные положения. ПНАЭ Г-7-009-89, Москва, 2000
- 14 Оборудование и трубопроводы атомных энергетических установок. Сварные соединения и наплавки. Правила контроля. ПНАЭ Г-7-010-89, Москва, 2000
- 15 Требования к программе обеспечения качества для атомных станций. НП-011-99, Москва, 1999
- 16 Компенсатор давления. Таблица контроля качества основного металла. 392М.02.01.01 ТБ1, ОКБ "ГИДРОПРЕСС", 2007
- 17 Компенсатор давления. Таблица контроля качества. 392М.02.01.01 ТБ2, ОКБ "ГИДРОПРЕСС", 2007
- 18 Компенсатор давления. Спецификация конструкционных материалов. 392М.02.01.01 Д1, ОКБ "ГИДРОПРЕСС", 2007
- 19 Компенсатор давления. Расчет на прочность. Часть 1. Выбор основных размеров. 392М.02.01.01 РР1, ОКБ «ГИДРОПРЕСС», 2007
- 20 Компенсатор давления. Расчет на прочность. Часть 2. Патрубки на верхнем днище. 392М.02.01.01 РР1.1, ОКБ «ГИДРОПРЕСС», 2008
- 21 Компенсатор давления. Расчет на прочность. Часть 3. Штуцеры системы контрольно-измерительных приборов. 392М.02.01.01 РР1.2, ОКБ «ГИДРОПРЕСС», 2008
- 22 Компенсатор давления. Расчет на прочность. Часть 4. Нижнее днище с патрубком и опорой. 392М.02.01.01 РР1.3, ОКБ «ГИДРОПРЕСС», 2009

491-Пр-1656

LN2O.P.132.1.050408.&&&&.021.HD.1001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	334
--------------------------------------	--	-----

478007 Ref 22 ИЮН 2015

ОКБ «ГИДРОПРЕСС»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 5 Первый контур и связанные с ним системы	Изм. 15.06.15	5.4.8-20
---------------------	--	------------------	----------

23 Компенсатор давления. Расчет на прочность. Часть 5. Люк-лаз с днищем и цилиндрической обечайкой. 392М.02.01.01 РР1.4, ОКБ «ГИДРОПРЕСС», 2008

24 Компенсатор давления. Расчет на прочность. Часть 6. Зона люков трубчатых электронагревателей. 392М.02.01.01 РР1.5, ОКБ «ГИДРОПРЕСС», 2009

25 Компенсатор давления. Расчет на прочность. Часть 7. Элементы крепления внутрикорпусных устройств. 392М.02.01.01 РР1.6, ОКБ «ГИДРОПРЕСС», 2008

26 Компенсатор давления. Расчет на прочность. Часть 8. Уравнительный сосуд. 392М.02.01.01 РР1.7, ОКБ «ГИДРОПРЕСС», 2009

27 Компенсатор давления. Расчет на прочность. Часть 10. Анализ сопротивления хрупкому разрушению. 392М.02.01.01 РР1.9, ОКБ «ГИДРОПРЕСС», 2009

28 Элементы крепления компенсатора давления. Расчет на прочность. 491.02.01.02 РР1, ОКБ «ГИДРОПРЕСС», 2008

478007 Def 22 ИЮН 2015

491-Пр-1656

LN2O.P.132.1.050408.&&&&.021.HD.1001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	335
--------------------------------------	--	-----

ОКБ «ГИДРОПРЕСС»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 5 Первый контур и связанные с ним системы	Изм. 15.06.15	5.4.8-21
---------------------	---	------------------	----------

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Изм.	Номера листов (страниц)				Всего листов (страниц) в документе	Номер документа	Подп.	Дата
	измененных	замененных	новых	аннулированных				

478007 22 ИЮН 2015

491-Пр-1656

LN2O.P.132.1.050408.&&&&.021.HD.1001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	336
--------------------------------------	--	-----